# Casas calientes en climas fríos: cómo lograrlo con mínima energía

(Apunte teórico con algunos datos)

Alejandro D. González
Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA),
CONICET y Universidad Nacional del Comahue,
Centro Regional Universitario Bariloche, Río Negro
agonzalez@crub.uncoma.edu.ar

## *Las necesidades cambian para distintos climas, pero el problema es el mismo*

La temperatura de la casa en un día frío de invierno depende del balance entre la calefacción y las pérdidas de calor hacia el exterior. El calor que nos brindan los combustibles, y por el que pagamos, se pierde tanto en forma directa a través de chimeneas, como en forma indirecta a través de la envolvente de la casa. Las paredes, techo, ventanas, piso, y los famosos chifletes, transmiten en mayor o menor medida energía en forma de calor al exterior.

En Argentina, en general la preocupación principal es conseguir mayores cantidades de energía. Más gas, más leña, más electricidad, para satisfacer una demanda creciente. Esto significa que estamos muy concentrados mirando una cara de la moneda: la generación de calor. ¿Qué pasaría si comenzamos a pensar en la otra cara?, en poner límites a la energía que se va silenciosamente hacia fuera.

Con una geografía tan extensa y diversa, nuestro maravilloso país tiene casi todas las regiones climáticas posibles. En nuestra región patagónica el problema térmico prioritario es la calefacción, y aquí sabemos que no se trata sólo del invierno sino que estamos pendientes de esta necesidad por lo menos en 10 meses del año. Por ejemplo, en Bariloche, los estudios muestran que la calefacción demanda más del 80% de toda la energía que se usa en la casa. La iluminación requiere menos del 2%, pero es el lugar donde hemos puesto todas las miradas a ver qué lamparitas faltan cambiar por las de bajo consumo. Esto es muy acertado, sin dudas, pero es importante saber que estamos resolviendo una parte del problema del 2%, y que faltaría una estrategia general para comenzar a resolver el 80% que se va en calefacción, el 10% que se usa en agua caliente sanitaria, el 4% en cocción de alimentos, y otro 4% en electrodomésticos.

La eficiencia para mantener una casa cálida está definida por dos factores: el gasto de los combustibles, y la cantidad de calor que se escapa sin haberlo utilizado. La buena eficiencia se refiere a obtener un resultado con el mínimo de pérdidas.

El sector edilicio en Argentina tiene muy baja eficiencia térmica. En nuestra zona se nota con los consumos en calefacción, y en las regiones de más al norte con el aire acondicionado en época cálida. Una casa sin aislación térmica pierde tanto calor en invierno como lo que gana en verano. O dicho de otro modo: crisis del gas y la leña en invierno, seguida de crisis de electricidad en verano.

*Eficiencia térmica y consecuencias en el consumo*

El conocimiento, las capacidades técnicas, y los materiales, existen entre nosotros como para que la eficiencia térmica sea óptima, similar a la de países con regulaciones muy estrictas como Alemania o Suecia. No lo hemos puesto en práctica aun porque siempre tuvimos energía abundante y a muy buen precio. Nos acostumbramos a ver el consumo a través del dinero que pagamos, y no de las cantidades de energía que usamos. En Bariloche (temperatura media anual 8°C), una casa promedio conectada al gas natural gasta 4 veces más en calefacción que otra en clima similar en Estocolmo (Suecia, temperatura media 7°C). Hasta en La Plata, con clima templado cálido y temperatura media anual cercana a los 16°C, el consumo en calefacción de una vivienda unifamiliar es el mismo que en Estocolmo.

En el sector de la construcción, las exigencias son estrictas en cuanto a otros aspectos constructivos, como ser estructuras sólidas y antisísmicas, instalaciones seguras y artefactos certificados. Pero no se incluye ninguna exigencia a la calidad térmica. Por ejemplo, tanto en el sector privado como en el público, son comunes: las estructuras de hormigón armado a la vista; las paredes revocadas sin aislantes térmicos; los techos con mínima aislación; las plateas de hormigón en contacto térmico con el suelo; pisos sin aislante sobre esas plateas; los vidrios simples sin persianas ni postigos; las chimeneas con paredes al exterior y conductos sin posibilidad de cierre; ventanas y puertas con filtraciones; y chifletes en apoyos de techos y dinteles.

El diseño del entorno y la ubicación de la casa son también muy importantes para la planificación térmica global. La salida y puesta del sol para cada estación, los vientos fríos dominantes, las sombras de los edificios y vegetación, son ejemplos de condiciones de entorno a tener en cuenta.

Una rehabilitación térmica que puede involucrar el 20% del costo total de la vivienda daría una reducción de energía en calefacción entre el 50% y el 70%. En las casas con provisión de gas natural de Bariloche, en promedio, esto daría una reducción de 2000 $m^3$ por año por cada vivienda unifamiliar. Esta cantidad de gas no quemado implica emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes a usar un automóvil por 30000 km.

Entonces, está claro que la enorme magnitud de transferencia de energía con el exterior no puede compensarse con recomendaciones sobre hábitos del usuario. Es por esto que los programas de ahorro que ponen foco en comportamiento y buena voluntad tienen muy poco efecto. Hace falta una base mínima de mejora técnica antes de pedirle al usuario un uso racional.

*Los materiales aislantes y los amigos invisibles*

Dada la calidad térmica actual de los edificios, cualquier mejora simple y moderada resulta en un ahorro muy grande. Por ejemplo, sólo 1 cm de telgopor protege de la pérdida de calor lo mismo que 30 cm de hormigón. La tabla siguiente da algunos valores típicos de conductividad térmica, la transmitancia de un espesor de 10 cm, y los espesores que equivalen térmicamente a 1 cm de un material estándar y conocido como el telgopor o la lana de vidrio.

En la tabla puede observarse que los materiales compactos pesados son buenos transmisores de calor. Nótese que la conductividad para ladrillos, hormigón y revoques, es de 10 a 30 veces mayor que la de los materiales porosos. Una forma de aumentar la eficiencia térmica

es agregando materiales livianos, que incluyan aire. Estos pueden ser materiales comerciales o también fabricados por los propios usuarios, y existen muchas maneras simples de fijarlos.

| | Conductividad térmica (*), en kcal/ h m ºC | Transmitancia (**) térmica de un espesor de 10 cm (kcal/h $m^2$ ºC) | Espesor para obtener la misma resistencia que cm de telgopor |
|---|---|---|---|
| Ladrillo común | 0,69 | 6,90 | 20 cm |
| Hormigón armado | 1,12 | 11,20 | 33 cm |
| Revoque | 0,86 | 8,60 | 25 cm |
| Ladrillo cerámico hueco | 0,43 | 4,30 | 13 cm |
| Adobe | 0,52 | 5,20 | 15 cm |
| Madera dura | 0,29 | 2,90 | 8 cm |
| Madera blanda | 0,17 | 1,70 | 5 cm |
| Telgopor o lana de vidrio | 0,034 | 0,34 | 1 cm |
| Paja de cereal | 0,073 | 0,73 | 2 cm |
| Nieve suelta | 0,04 | 0,40 | 1 cm |
| Nieve compactada/ hielo | 0,16 | 1,60 | 5 cm |

(*) Datos del Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, de Mendoza, que tiene un calculador térmico online para estimar la resistencia de materiales y muros compuestos, en www.cricyt.edu.ar/lahv/pruebas/conductancia/principal.htm

(**) La transmitancia se obtiene dividiendo la conductividad por el espesor en metros (Transmitancia = Conductividad / espesor).

Tomemos el ejemplo de una pared de 20 cm de espesor. Con una combinación de ladrillo macizo, hormigón y revoques, esta tiene una transmitancia promedio de 4 kcal/hm$^2$ºC (ver nota [1] al pie). Esto significa que por cada $m^2$ y cada grado de diferencia de temperatura con el exterior este muro pierde 4 kcal/h de calor. Considerando una pared de 100$m^2$ y 20ºC de diferencia de temperatura entre exterior e interior, se pierden 8000 kcal/h (4*100*20). Para reponer esta cantidad de calor hacen falta 4 kg de leña por hora, o 1,3 kg de gas envasado por hora.

Si la pared del ejemplo anterior se aislara con un mínimo de 2 cm de telgopor, la transmitancia promedio sería de 1,2 kcal/hm$^2$ºC (ver nota [2] al pie), y en este caso con aislación la

[1] La resistencia es la inversa de la transmitancia (1/Transmitancia). En muros compuestos se suma la resistencia de cada parte para obtener la resistencia total. Por ejemplo, en el muro de ladrillos de 0,16m, revocados con 0,02m de cada lado, se tiene que la resistencia total es 0,02/0,86 + 0,16/0,69 + 0,02/0,86 = 0,33 m$^2$ºCh/kcal. Y entonces, como la Transmitancia es la inversa de esta resistencia resulta 1/0,33 = 3 kcal/ h m$^2$ºC. Haciendo lo mismo para el hormigón revocado se obtienen 5,4 kcal/ h m$^2$ºC.

[2] La resistencia que agregan los 2 cm de telgopor es 0,02/0,034 = 0,60 m$^2$ºCh/kcal, ¡¡casi el doble que todo el muro de ladrillos revocados completo!!

pérdida de calor de $100m^2$ a 20ºC sería de sólo 2400 kcal/h. Esta pérdida es mucho menor a las 8000 kcal/h anteriores, y se compensa con 1,5 kg de leña por hora, o de 0,4 kg de gas por hora.

Una pared compacta y pesada tiene la ventaja de su masa térmica, que conserva el calor interior para entregarlo gradualmente. Si a esta le agregamos el aislante en la cara externa nos garantizamos que ese calor acumulado no se perderá, sino que será realmente aprovechado en el interior. En nuestra zona, el sol es muy esquivo en la época que más necesitamos la calefacción, y además el movimiento de aire enfría la pared. Por estos motivos es que, en nuestra región, las paredes compactas sin aislación tampoco sirven como acumuladores solares, ni siquiera en la cara norte. Entonces, es mejor aislarlas por fuera para aprovechar su buena capacidad de masa térmica. La aislación del lado exterior también tiene la ventaja que evita condensación, porque el aire más húmedo interior no se expone a superficies demasiado frías.

En la tabla anterior se incluye la paja de cereal. Como se observa, es un excelente aislante, y sólo 2 cm de espesor equivalen a 1 cm de telgopor o lana de vidrio. Las paredes de fardos, comúnmente de 40 cm, cumplen térmicamente con las normas europeas más estrictas.

Los reciclados también proveen oportunidades de contribuir doblemente a disminuir el impacto ambiental y a tener una casa confortable. Por ejemplo la viruta de madera o el cartón son buenos aislantes térmicos.

Otra posibilidad es simplemente dejar una cámara de aire. Esta opción es mejor que nada (ver nota [3] al pie), pero es menos aislante que poner telgopor, lana de vidrio, viruta o paja de cereal. En la cámara de aire existirán convecciones que llevarán aire caliente a zonas frías. Estas convecciones son las que se buscan bloquear con los aislantes.

***¿Por qué ahora es un buen momento para mejorar la eficiencia térmica?***

Simplemente porque es mucho más fácil ahora que cuando las cuentas de energía sean mucho más altas, o que cuando su abundancia no sea tal.

En pocas décadas, desarrollamos una cultura gas-dependiente que lleva a correr varios riesgos. Uno se relaciona con la disminución de reservas de un recurso que es no renovable, otro es el riesgo de que en algún momento los gobiernos no dispongan del dinero para subsidiar el gas. Por ejemplo, al presente, se está importando gas natural licuado en barcos, que en el puerto de Bahía Blanca se inyecta en la red nacional de gasoductos. Este gas proviene de una tecnología novedosa: se enfría el gas natural a -160ºC (bajo cero) para poder licuarlo a presión atmosférica y reducir el volumen hasta 600 veces. Se importa a precio internacional, en 2008 se pagaba cerca de \$1,70 por $m^3$ en puerto, y para 2009 se estima en \$0,40/$m^3$

En nuestra región, la vivienda promedio paga \$ 0,08 por cada $m^3$ de gas natural, en Bs.As. \$ 0,23, mientras que el promedio internacional se encuentra en alrededor de \$ 2 por $m^3$ para el uso residencial. En Bariloche, para un consumo promedio de 4800 $m^3$ por año y por vivienda unifamiliar de $100m^2$, el costo de gas natural es de \$ 384 por año. Si se compara esto con combustibles alternativos en Bariloche, queda claro un problema grave derivado de subsidios sectoriales: el costo actual de la misma cantidad de energía en gas envasado estaría entre \$ 9000 y \$ 11000 por año (cada 1,3 $m^3$ de gas natural equivale a 1 kg de gas envasado).

---

[3] Una distancia de aire de unos 2 cm tiene una resistencia cercana a 0,15 $m^{2o}$Ch/kcal, equivalente a un espesor de 0,5 cm de telgopor.

entre $ 9000 y $ 11000 por año (cada 1,3 $m^3$ de gas natural equivale a 1 kg de gas envasado). Entonces, aquellas familias sin acceso al gas natural pagarían por la misma cantidad de energía valores internacionales, cuando sus vecinos conectados a la red pagan 25 veces menos.

Los recursos subsidiados masivamente y a precios muy bajos no incentivan a realizar mejoras tecnológicas en la edificación, ni siquiera en aquellos sectores que tienen la capacidad económica para hacerlos.

Hasta el presente, los programas de ahorro de energía en Argentina se basan fundamentalmente en cambios de comportamiento. Poco es lo que se sugiere en mejora tecnológica, siendo la más significativa el reemplazo de lamparitas. Este es un avance, pero trabaja sobre una parte muy pequeña del consumo: en Bariloche esto afectaría 1 de cada 100 unidades de energía, y en La Plata 2 de cada 100.

Un plan de ahorro sustentable debe ser una consecuencia natural de un programa de eficiencia energética. Las mejoras térmicas serían una inversión permanente. Mientras tanto, el alto consumo de recursos no renovables a precio muy bajo implica altos riesgos para los mismos usuarios, quienes aumentan desmedidamente la dependencia en el uso de esos recursos.

## Apéndice:

El aire es un buen aislante pero debe evitarse el movimiento. Por ejemplo, dos vidrios separados por 5 cm de aire aíslan menos que dos vidrios separados por 1 cm de aire. Lo mismo ocurre en un techo: sin lana de vidrio existe una cámara de aire, pero con el movimiento el aire se enfría en la chapa y toma calor del machimbre interior; con la lana de vidrio se evita ese movimiento.

En una estructura o cerramiento, se llama puente térmico al camino material que facilita la transferencia de calor. Por ejemplo, las columnas y encadenados de hormigón constituyen puentes térmicos, así como también los vidrios, las puertas placa o de chapa sin aislante, los marcos de aberturas masivos o algunos de metal. Romper el puente térmico significa interponer materiales porosos, aislantes, o discontinuar las líneas de conducción del calor.

Hay una gran diversidad de materiales comerciales, naturales y de reciclados que cumplen funciones térmicas. En todos los casos es muy importante un diseño que evite la condensación de agua, ya que el agua es un buen transmisor del calor. En general, esto se logra aislando la cara fría de la pared. Algunos aislantes pueden tener muy bajo costo, por ejemplo reciclados de empaques o restos de reformas de obras, que de otra manera terminan abultando los basurales.

**Techos:** por la magnitud de la superficie y por la temperatura, puede ser la pérdida mayor. Si ya está construido puede aislarse del lado interior, usando el espacio entre tirantes para rellenarlo con aislantes y dejar una cámara de aire cerrando tipo cielorraso.

**Paredes:** Pueden agregarse aislaciones térmicas del lado exterior sin mayores disturbios a los habitantes. Esto se logra, por ejemplo, con soportes anclados a la pared, rellenos con material aislante, cubiertos con tela hidrófuga (tipo ruberoi), y revestidos ya sea con una segunda pared o con revestimientos en seco (placas de cemento, chapa o tipo "siding").

**Pisos:** se pueden poner aislantes debajo de los contrapisos, o "levantar" los pisos sobre una estructura adicional que deje una cámara de aire o distancia para poner aislantes.

**Vidrios, persianas y cortinas:** la colocación de un segundo vidrio, ya sea termopanel, o una segunda ventana, o un plástico simulando otro vidrio, es importante, sobre todo en la cara sur. Ayuda también la instalación de persianas y cortinas. Para las cortinas hay que evitar que el aire circule en la parte inferior y superior.

**Chimeneas:** no olvidar las compuertas móviles, ¡¡ para cerrar cuando no se usan!! De lo contrario, cuando no hay fuego las chimeneas resultan excelentes conductos directos de pérdida de calor.

**Calefactores:** informarse sobre la eficiencia térmica verdadera, y de qué depende. Las calderas y radiadores con circulación de agua en general son más eficientes.

Hay muchos sitios en internet con información, por ejemplo:

www.asades.org.ar Asociación de Energías Renovables y Medio Ambiente. En el sitio se accede gratis a una diversidad de artículos de las revistas Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA). Hay temas de arquitectura ambientalmente consciente, energía solar, política energética, etc.

www.cricyt.edu.ar/lahv Sitio del Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, de Mendoza, con mucha información sobre construcción bioclimática tanto de edificios públicos como de viviendas.

## Unidades de potencia

Watt, abreviado W, es la unidad de potencia internacional.

Se relaciona con el HP a través de 1 HP = 746 W

Es más usual el kiloWatt (abreviado kW), que es igual a 1000 W. Así 1 HP = 0,746 kW

Otra unidad de potencia usual es la kilocaloría-dividido-hora (abreviado kcal/h). Por ejemplo, los calefactores de tiro balanceado se caracterizan por la potencia: 2000 kcal/h los chicos; alrededor de 3000 kcal/h los medianos; y alrededor de 5000 kcal/h los grandes.

La equivalencia es 860 kcal /h = 1 kW, o la inversa: 1kcal/h = 1,16 kW

Entonces, un calefactor mediano tiene una potencia de 3000 kcal/h = 3,5 kW = 4,7 HP

## Unidades de energía

La energía consumida es igual a la potencia multiplicada por el tiempo. Por ejemplo, el kWh es la energía utilizada en una hora por un artefacto de potencia igual a un kW.

Se multiplica la potencia por el tiempo, kW.h (NO se divide, ¡¡kW/h es incorrecto!!).

Pero, ¿por qué en kcal/h se divide? Aquí es correcto porque la kcal es energía, y dividido tiempo da potencia.

Energía = Potencia · Tiempo;  y de aquí Potencia = Energía / Tiempo

Por ejemplo, una estufa eléctrica típica tiene una potencia de 2 kW. En 4 horas encendida usa una energía eléctrica de 2 kW · 4 h = 8 kWh. A una tarifa cercana a los $0,30 por cada kWh (impuestos incluidos), las 4 horas de estufa tienen un costo de $0,30 · 8 = $ 2,4.

Otro ejemplo: el uso del gas en un calefactor mediano de 3000 kcal/h.

Esta es la potencia máxima del calefactor, y representa el consumo de gas.

Si lo tenemos encendido al máximo durante 4 horas, entonces la energía usada es

3000 kcal/h · 4 h = 12000 kcal.

Si está conectado al gas envasado, que tiene un poder calorífico cercano a 12000 kcal por cada kg de gas, entonces el consumo será de 12000 kcal / 12000 kcal/kg = 1 kg de gas. A precio actual (a razón de $ 20 por garrafa de 10 kg), el costo de este uso de 4 horas será de $ 2.

Si el mismo calefactor está conectado al gas natural el consumo es distinto porque el poder calorífico del gas es distinto. Un metro cúbico ($m^3$) de gas natural se factura a 9300 kcal. Entonces, las 12000 kcal usadas en las 4 horas representan 12000 / 9300 = 1,3 $m^3$ de gas natural. A precio residencial en Bariloche ($ 0,08/$m^3$), por las 4 horas de uso se tiene un costo de $ 0,08/$m^3$ · 1,3 $m^3$ = $ 0,10.